

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-100952

(43)Date of publication of application : 05.04.2002

(51)Int.Cl.

H03H 9/145

H03H 9/25

(21)Application number : 2000-290661

(71)Applicant : MURATA MFG CO LTD

(22)Date of filing : 25.09.2000

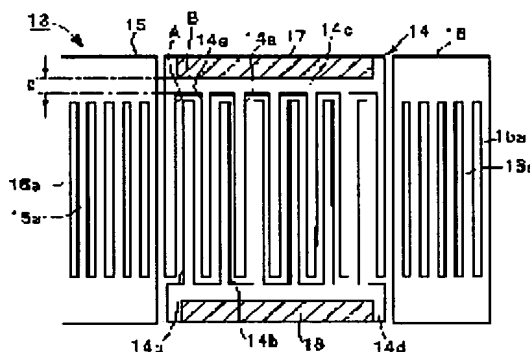
(72)Inventor : TANIGUCHI NORIO
TAKADA TOSHIAKI
NAGAI TATSURO
YAMATO HIDEJI

(54) SURFACE-ACOUSTIC WAVE DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a surface-acoustic wave device, capable of effectively confining the energy of a surface wave and reducing a loss and improving the filter characteristics.

SOLUTION: The surface-acoustic wave device comprises at least one comb-like electrode 14, having a plurality of electrode fingers 14a and 14b and first bus bar electrodes 14c and 14d formed on a piezoelectric substrate to excite surface acoustic waves which have an anisotropy index $\gamma < -1$ of a propagating direction. In this device, when a wavelength of the surface wave is λ , the film thicknesses of the fingers 14a and 14b are 0.04λ or larger. Thicknesses of at least parts 17 and 18 of the first and second electrodes 14c and 14d are larger than those of the fingers 14a and 14b. The energy of the surface wave is confined in the direction perpendicular to the surface-wave propagating direction.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

03.06.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3412611

[Date of registration]

28.03.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

特許文庫 2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-100952

(P2002-100952A)

(43) 公開日 平成14年4月5日 (2002.4.5)

(51) IntCl. ⁷	識別記号	F I	テームト [*] (参考)
H 0 3 H 9/145		H 0 3 H 9/145	D 5 J 0 9 7
	9/25	9/25	C
			Z
			C

審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2000-290661 (P2000-290661)

(22) 出願日 平成12年9月25日 (2000.9.25)

(71) 出願人 000006231

株式会社村田製作所

京都府長岡京市天神二丁目26番10号

(72) 発明者 谷口 典生

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式会社村田製作所内

(72) 発明者 高田 俊明

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式会社村田製作所内

(74) 代理人 100086597

弁理士 宮▼崎▲ 主税

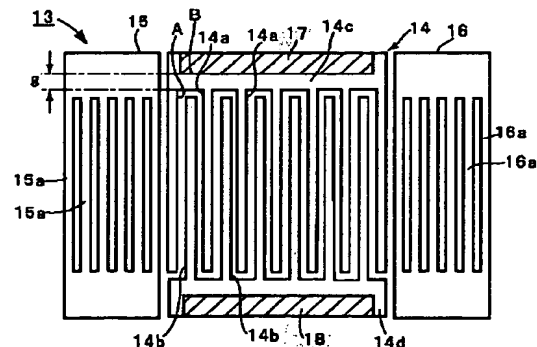
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 弾性表面波装置

(57) 【要約】

【課題】 表面波のエネルギーを効果的に閉じ込めることができ、かつ損失の低減及びフィルタ特性の改善を果たし得る弾性表面波装置を得る。

【解決手段】 伝搬方向の異方性指数 $\gamma < -1$ である弾性表面波が励振される圧電基板上に、複数本の電極指14a、14bと、第1、第2のバスバー電極14c、14dと有する少なくとも1つの櫛形電極14が形成されており、表面波の波長を λ としたときに、電極指14a、14bの膜厚が 0.04λ 以上であり、第1、第2のバスバー電極14c、14dの少なくとも一部17、18の厚みが電極指14a、14bの厚みよりも厚くされており、表面波伝搬方向に対して垂直な方向に表面波のエネルギーが閉じ込められる弾性表面波装置。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 伝搬方向の異方性指数 γ が、 $\gamma < -1$ である弾性表面波が励振される圧電基板と、前記圧電基板上に形成されており、A1を主成分とする複数本の電極指と、第1、第2のバスバー電極とを有する少なくとも1つの櫛形電極とを備え、前記弾性表面波の伝搬方向に対して垂直な方向に表面波のエネルギーが閉じ込められる弾性表面波装置であつて、

前記弾性表面波の波長を λ としたときに、前記電極指の膜厚が 0.04λ 以上であり、かつ、前記第1、第2のバスバー電極の少なくとも一部の厚みが、前記電極指の厚みよりも厚くされていることを特徴とする、弾性表面波装置。

【請求項2】 伝搬方向の異方性指数 γ が、 $\gamma < -1$ である弾性表面波が励振される圧電基板と、前記圧電基板上に形成されており、A1を主成分とする複数本の電極指と、第1、第2のバスバー電極とを有する少なくとも1つの櫛形電極とを備え、前記弾性表面波の伝搬方向に対して垂直な方向に表面波のエネルギーが閉じ込められる弾性表面波装置であつて、

10 前記電極指の膜厚を h 1、前記電極指幅を L 1、表面波伝搬方向において隣り合う電極指間のギャップの長さを L 2としたときに、 $L1/(L1+L2) \geq 0.5$ であり、かつ前記第1、第2のバスバー電極の少なくとも一部の厚みが、前記電極指の厚みよりも厚くされていることを特徴とする、弾性表面波装置。

前記電極指の膜厚を h 1、前記電極指幅を L 1、表面波伝搬方向において隣り合う電極指間のギャップの長さを L 2、表面波の波長を λ としたときに、下記の式(1)～(6)のいずれかが満たされており、かつ前記第1、第2のバスバー電極の少なくとも一部の厚みが、前記電極指の厚みよりも厚くされていることを特徴とする、弾性表面波装置。

* 【数1】

$$L1(L1+L2) \geq 0.55 \text{ かつ } h/\lambda \geq 0.100 \dots (1)$$

【数2】

$$L1(L1+L2) \geq 0.60 \text{ かつ } h/\lambda \geq 0.090 \dots (2)$$

【数3】

$$L1(L1+L2) \geq 0.65 \text{ かつ } h/\lambda \geq 0.080 \dots (3)$$

【数4】

$$L1(L1+L2) \geq 0.70 \text{ かつ } h/\lambda \geq 0.070 \dots (4)$$

【数5】

$$L1(L1+L2) \geq 0.75 \text{ かつ } h/\lambda \geq 0.065 \dots (5)$$

【数6】

$$L1(L1+L2) \geq 0.80 \text{ かつ } h/\lambda \geq 0.055 \dots (6)$$

【請求項4】 前記第1、第2のバスバー電極の少なくとも一部が複数の電極膜を積層した多層構造を有し、それによってバスバー電極の少なくとも一部が前記電極指の厚みよりも厚くされている、請求項1～3のいずれかに記載の弾性表面波装置。

【請求項5】 多層構造を有する前記バスバー電極において、最下層の電極膜が、前記電極指と連ねられて形成されており、2層目以降の電極膜が、最下層の電極膜と異なる金属により構成されている、請求項4に記載の弾性表面波装置。

【請求項6】 前記多層構造を有する前記バスバー電極において、該多層構造を構成している最下層の電極膜に比べて、2層目以降の電極膜のうち少なくとも1層が、相対的に高密度の金属により構成されている、請求項5に記載の弾性表面波装置。

【請求項7】 前記多層構造を有する前記バスバー電極において、該多層構造を構成している最下層の電極膜に

比べて、2層目以降の金属膜のうち少なくとも1層が、比抵抗が小さく、かつ前記最下層の電極膜よりも厚みが厚い、請求項5または6に記載の弾性表面波装置。

【請求項8】 前記多層構造を有する前記バスバー電極において、該多層構造を構成している電極膜間に上下の電極膜の導通を確保するようにして絶縁膜が形成されている、請求項5～7のいずれかに記載の弾性表面波装置。

【請求項9】 前記多層構造を有する前記バスバー電極において、最下層の電極膜におけるバスバー電極と電極指との境界部分と、A1からなる2層目の電極膜の電極指側の端縁との間隔を g 、該2層目の電極膜の膜厚を M 、さらに、 g 及び M を弾性表面波の波長 λ の整数倍で表したときに、 $M \geq 0.159g - 0.094$ の範囲にあることを特徴とする、請求項5～8のいずれかに記載の弾性表面波装置。

【請求項10】 前記多層構造を有する前記バスバー電

極において、
最下層の電極膜におけるバスバー電極と電極指との境界部分と、2層目の電極膜の電極指側の端縁との間隔を g 、該2層目の電極膜厚を Ma 、さらに、 g 及び Ma を弾性表面波の波長 λ の整数倍で表し、
2層目を $A1$ とは異なる金属で形成し、
2層目の金属の密度を da 、 $A1$ の密度を $d0$ とした時、

2層目の膜厚 Ma が、
 $Ma \times (d0/da) \geq 0.159g - 0.094$
の範囲であることを特徴とする、請求項5～8のいずれかに記載の弾性表面波装置。

【請求項11】 表面波伝搬方向の異方性指数 γ が、 $\gamma < -1$ である弾性表面波が励振される圧電基板と、
前記圧電基板上に形成されており、複数本の電極指と、
第1、第2のバスバー電極とを有する少なくとも1つの楕形電極とを備え、
前記弾性表面波の伝搬方向に対して垂直な方向に表面波のエネルギーが閉じ込められる弾性表面波装置であって、

前記弾性表面波の波長を λ としたときに、前記楕形電極の電極指の膜厚が 0.04λ 以上であり、
前記バスバー電極部の厚みが前記電極指の厚みよりも厚くなるように、前記バスバー電極上に形成された絶縁膜をさらに備えることを特徴とする、弾性表面波装置。

【請求項12】 表面波伝搬方向の異方性指数 γ が、 $\gamma < -1$ である弾性表面波が励振される圧電基板と、

$$L1(L1+L2) \geq 0.55 \text{ かつ } h/\lambda \geq 0.100 \dots (1)$$

【数8】

$$L1(L1+L2) \geq 0.60 \text{ かつ } h/\lambda \geq 0.090 \dots (2)$$

【数9】

$$L1(L1+L2) \geq 0.65 \text{ かつ } h/\lambda \geq 0.080 \dots (3)$$

【数10】

$$L1(L1+L2) \geq 0.70 \text{ かつ } h/\lambda \geq 0.070 \dots (4)$$

【数11】

$$L1(L1+L2) \geq 0.75 \text{ かつ } h/\lambda \geq 0.065 \dots (5)$$

【数12】

$$L1(L1+L2) \geq 0.80 \text{ かつ } h/\lambda \geq 0.055 \dots (6)$$

【請求項14】 前記電極指上に形成された絶縁膜をさらに備え、

前記バスバー電極上に形成された絶縁膜の厚みが、前記電極指上に形成された絶縁膜の厚みに比べて厚くされている、請求項11～13のいずれかに記載の弾性表面波装置。

【請求項15】 異方性指数 γ が、 $\gamma < -1$ である弾性表面波が励振される圧電基板が、疑似弾性表面波が励振される $LiTaO_3$ 、基板である、請求項1～14のいずれかに記載の弾性表面波装置。

【請求項16】 請求項1～15のいずれかに記載の弾性表面波装置を用いたことを特徴とする、アンテナ共用

* 前記圧電基板上に形成されており、複数本の電極指と、
第1、第2のバスバー電極とを有する少なくとも1つの楕形電極とを備え、

前記弾性表面波の伝搬方向に対して垂直な方向に表面波のエネルギーが閉じ込められる弾性表面波装置であって、

前記電極指の幅を $L1$ 、表面波伝搬方向において隣り合う電極指間のギャップ長を $L2$ としたときに、 $L1/(L1+L2) \geq 0.5$ であり、

10 前記バスバー電極部の厚みが前記電極指の厚みよりも厚くなるように、前記バスバー電極上に形成された絶縁膜をさらに備えることを特徴とする、弾性表面波装置。

【請求項13】 伝搬方向の異方性指数 γ が、 $\gamma < -1$ である弾性表面波が励振される圧電基板と、

前記圧電基板上に形成されており、複数本の電極指と、
第1、第2のバスバー電極とを有する少なくとも1つの楕形電極とを備え、

前記弾性表面波の伝搬方向に対して垂直な方向に表面波のエネルギーが閉じ込められる弾性表面波装置であって、

20 前記電極指の膜厚を $h1$ 、前記電極指幅を $L1$ 、表面波伝搬方向において隣り合う電極指間のギャップの長さを $L2$ 、表面波の波長を λ としたときに、下記の式(1)～(6)のいずれかが満たされており、

前記バスバー電極上に形成された絶縁膜をさらに備えることを特徴とする、弾性表面波装置。

* 【数7】

$$L1(L1+L2) \geq 0.55 \text{ かつ } h/\lambda \geq 0.100 \dots (1)$$

$$L1(L1+L2) \geq 0.60 \text{ かつ } h/\lambda \geq 0.090 \dots (2)$$

$$L1(L1+L2) \geq 0.65 \text{ かつ } h/\lambda \geq 0.080 \dots (3)$$

$$L1(L1+L2) \geq 0.70 \text{ かつ } h/\lambda \geq 0.070 \dots (4)$$

$$L1(L1+L2) \geq 0.75 \text{ かつ } h/\lambda \geq 0.065 \dots (5)$$

$$L1(L1+L2) \geq 0.80 \text{ かつ } h/\lambda \geq 0.055 \dots (6)$$

器。

40 【請求項17】 請求項16に記載のアンテナ共用器を備えることを特徴とする、通信機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば移動体通信機において帯域フィルタとして用いられる弾性表面波フィルタなどの弾性表面波装置に関する。

【0002】

【従来の技術】弾性表面波フィルタは、他の誘電体フィルタなどに比べて小型化を図り得るので、移動体通信機の帯域フィルタとして広く用いられている。もっとも、

移動体通信機用の帯域フィルタでは、通過帯域において低損失であることが要求される。従って、上記弾性表面波フィルタにおいて、低損失化を図るために様々な工夫がなされている。

【0003】例えば、図15(a)に示す一端子対弾性表面波共振器を用いた弾性表面波フィルタが提案されている。ここでは、楕形電極201の表面波伝搬方向両側に、複数本の電極指を有するグレーティング反射器202、203が配置されており、該反射器202、203により低損失化が図られている。

【0004】また、図15(b)に示すように、1つの楕形電極205のみからなる弾性表面波共振器も提案されている。ここでは、楕形電極205における電極指の対数が、例えば200対と多くされており、それによって反射器を設けずとも表面波エネルギーが楕形電極205が設けられている領域にほぼ閉じ込められる。すなわち、多対型のエネルギー閉じ込め型の弾性表面波共振器が構成されている。

【0005】また、図16に示す共振型弾性表面波フィルタでは、表面波伝搬方向に複数の楕形電極206、207が配置されている。楕形電極206、207が配置されている領域の表面波伝搬方向両側には、グレーティング反射器208、209が配置されている。

【0006】さらに、上述した図15(a)及び(b)に示したように弾性表面波共振器が複数組み合わせられている、梯子型回路を有する弾性表面波フィルタや、ラチス型回路構成を有する弾性表面波フィルタも提案されている。

【0007】上記のように、反射器を用いたり、あるいは楕形電極の電極指の対数を増加させることにより、励振された表面波に基づくエネルギーが閉じ込められ、それによって共振特性のQを高めたり、損失の低減を図ることができる。

【0008】しかしながら、弾性表面波装置の設計に際しては、楕形電極における電極指の対数や反射器の電極指の本数のような基本的なパラメータだけでなく、図17に示す楕形電極における電極指211の幅L1と楕形電極における表面波伝搬方向において隣り合う電極指211、211間のギャップ長L2との比率、すなわち $L1/(L1+L2)$ [以下、dutyと略す] や、楕形電極の電極膜厚 h/λ (但し、 λ は表面波の波長を示し、 h/λ は λ により規格化された膜厚を示す) も、電極抵抗、弾性表面波の導波モード及び電極容量などに関わってくる。従って、これらのパラメータも最適化することが重要である。

【0009】なお、上記ギャップ長L2とは、ギャップの表面波伝搬方向に沿う距離をいうものとする。上記のように、従来、弾性表面波フィルタのフィルタ特性を高めるために、様々な工夫がなされている。例えば、特開平7-283682号公報には、 36° Ycut X方向

伝搬LiTaO₃、圧電基板を用いており、かつ表面波伝搬路に対して水平方向のモード結合を利用した縦結合共振器型弾性表面波フィルタが開示されている。ここでは、楕形電極の電極膜厚を $0.06\lambda \sim 0.10\lambda$ の範囲とし、かつ楕形電極のdutyを0.6よりも大きくすることにより、オーミック抵抗損が小さくなり、フィルタ特性の急峻性が高められるとされている。

【0010】他方、特開平6-188673号公報には、 36° Ycut X方向伝搬LiTaO₃、基板上に複数の1端子対弾性表面波共振器を形成してなるラダー型弾性表面波フィルタが開示されている。図18に、このラダー型回路を示す。図18において、S1、S2は直列共振器を、P1～P3は並列共振器を示す。この先行技術に記載の弾性表面波フィルタでは、楕形電極の電極膜厚 h/λ が、 $0.04\lambda \sim 0.10\lambda$ の範囲とされており、それによって不要スプリアスが通過帯域内から除去され、フィルタ特性が改善されるとされている。

【0011】上記のように、 36° Ycut X方向伝搬LiTaO₃、基板を使用する場合には、楕形電極の膜厚を、 0.04λ 以上、かつdutyを0.5よりも大きくすることにより抵抗損失の低減やスプリアス抑制効果が得られるとされている。

【0012】他方、移動体通信システムの高周波化に伴い、用いられる弾性表面波フィルタの周波数は800MHz \sim 2.5GHzと高周波化している。弾性表面波の音速は数千m/秒程度であるため、800MHz \sim 2.5GHzで動作するように弾性表面波装置を構成した場合、表面波の波長は数 μ m程度と短くなる。従って、楕形電極や反射器における電極パターンを微細化しなければならない。

【0013】そのため、電極膜厚の絶対値が薄く、電極指の幅が細くなり、電極抵抗による損失(オーミック損失)が無視できなくなってきた。また、電極の厚みが薄くなると、電極の強度が低下する。従って、ワイヤーボンディングに耐え得る電極を構成することができなくなる。

【0014】そこで、実際に弾性表面波が励振する電極部分以外の電極部分、例えばバスバー電極、引き回し電極、あるいはワイヤーボンディングパッドの膜厚を厚くすることにより、オーミック損失をできるだけ小さくすることにより、損失を低減したり、ワイヤーボンディングに際しての強度を確保する試みがなされている。

【0015】例えば、特開昭62-47206号公報には、弾性表面波が進行する方向に対して垂直方向の成分により音響結合が生じる弾性表面波フィルタにおいて、表面波伝搬方向において隣り合う楕形電極が共有しているバスバー電極の厚みが、楕形電極の電極指の厚みに対して厚くされている。その結果、抵抗の低減を図りつつ、音速を制御することにより、良好なフィルタ特性が得られると記載されている。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】図15(a)及び(b)に示した弾性表面波共振子や図16に示した共振子型弾性表面波フィルタでは、表面波が伝搬する方向であるX軸方向においては、反射器の電極指の数を増やしたり、楕形電極の電極指の対数を増やしたりすることにより、ほぼ完全に弾性表面波を反射させてエネルギーを閉じ込めることができる。ところが、弾性表面波は、X方向成分だけでなく、X方向に対して垂直な方向、すなわち圧電板の主面に対して垂直な方向であるY方向の成分も有しており、該Y方向成分がビーム状に広がりながら表面波が伝搬する。このため、Y軸方向においても表面波のエネルギーを十分に閉じ込めることが必要であり、さもないければ、回折損が増大し、Qが劣化する。

【0017】他方、音響学会講演論文集3-1-1(1979/6)、第77頁～第78頁には、 36° Ycut X伝搬LiTaO₃、基板では、伝搬方向がX軸から角度 θ ずれた際の音速 $V(\theta)$ を下記の式で表したときの定数である、異方性指数 γ が-1よりも小さいことが記載されている。なお、下記の式において、 V_0 は θ が 0° の時の音速である。

$$【0018】 V(\theta) = V_0 \times (1 + \gamma / 2 \times \theta^2)$$

上記異方性指数 γ が-1よりも小さい場合には、導波路における速度に対して外側の速度が遅い場合にエネルギーが閉じ込められる。すなわち、楕形電極の電極指が設けられている部分における弾性表面波の速度を V_s 、バスバー電極を伝搬する弾性表面波の速度を V_m とした場合、 $V_s/V_m > 1$ であることが、エネルギー閉じ込めのための条件である。

【0019】ところが、電極指交差領域を伝搬する弾性表面波の速度 V_s と、バスバー電極部を伝搬する弾性表面波の速度 V_m の比 V_s/V_m は、電極指の膜厚とバスバー電極の膜厚を同一とした場合には、 $duty$ や電極膜厚により大きく変わることが見出された。

【0020】すなわち、電極膜厚が薄く、 $duty$ が小さい場合には、 $V_s/V_m > 1$ を満たすが、電極膜厚を

厚くし、 $duty$ を大きくしていった場合には、 V_s/V_m は小さくなる。さらに、ある条件下においては、 $V_s = V_m$ となり、それ以上 $duty$ が大きくなったり、あるいは電極膜厚が厚くなったりすると、 $V_s/V_m < 1$ となり、実質的にY軸方向にはエネルギーが閉じこもらないことになる。

【0021】図19に、 36° Ycut X伝搬LiTaO₃、基板において楕形電極をAlにより形成し、上記 $duty$ を0.5とした場合の、電極膜厚(h/λ)と、 V_s/V_m との関係を示す。図19から明らかなように、 V_s/V_m は、電極膜厚 h/λ が3～4%、すなわち0.03～0.04程度で最大値をとり、それ以上厚くなると、 V_s/V_m の値が放物線を描きつつ小さくなることがわかる。特に、電極膜厚が0.06 λ を超えた所から急激に V_s/V_m が小さくなることがわかる。

【0022】仮に、バスバー電極のY軸方向の長さが無限であれば、 $V_s/V_m > 1$ を満たさずれば、エネルギーは閉じ込められる。しかしながら、バスバー電極のY軸方向の長さが有限である場合には、 V_s/V_m が十分に大きくなければ、エネルギー閉じ込め効果は小さくなり、フィルタ特性において損失が増大する。

【0023】図20は、 36° Ycut X伝搬LiTaO₃、基板において、楕形電極をAlにより構成し、電極膜厚を0.06 λ として固定した場合の、上記 $duty$ と、 V_s/V_m との関係を示す。

【0024】図20から明らかなように、 $duty$ が小さい場合には、 V_s/V_m が大きくなるものの、 $duty$ が大きくなると、 V_s/V_m が小さくなることがわかる。特に、 $duty$ が0.8を超えると、 $V_s/V_m < 1$ となり、エネルギー閉じ込め条件が満たされなくなる。

【0025】さらに、下記の表1に示すように、 $duty$ と電極膜厚とを様々に変化させた場合の V_s/V_m の変化を示す。

【0026】

【表1】

		duty								
		0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8
電極膜厚 (h/λ) %	1	1.0111	1.0098	1.0084	1.0071	1.0058	1.0047	1.0035	1.0026	1.0016
	1.5	1.0114	1.0100	1.0086	1.0073	1.0060	1.0048	1.0036	1.0026	1.0016
	2	1.0118	1.0102	1.0089	1.0075	1.0062	1.0050	1.0037	1.0027	1.0017
	2.5	1.0118	1.0103	1.0089	1.0076	1.0062	1.0050	1.0037	1.0027	1.0016
	3	1.0119	1.0105	1.0090	1.0076	1.0062	1.0050	1.0037	1.0027	1.0016
	3.5	1.0120	1.0105	1.0090	1.0075	1.0061	1.0048	1.0038	1.0025	1.0014
	4	1.0121	1.0105	1.0090	1.0075	1.0060	1.0047	1.0034	1.0023	1.0012
	4.5	1.0120	1.0104	1.0088	1.0073	1.0058	1.0044	1.0031	1.0020	1.0008
	5	1.0119	1.0102	1.0086	1.0070	1.0055	1.0042	1.0028	1.0016	1.0004
	5.5	1.0118	1.0100	1.0083	1.0067	1.0051	1.0037	1.0023	1.0011	0.9999
	6	1.0116	1.0098	1.0079	1.0063	1.0046	1.0032	1.0018	1.0006	0.9994
	6.5	1.0112	1.0092	1.0073	1.0056	1.0039	1.0024	1.0009	0.9997	0.9986
	7	1.0107	1.0087	1.0067	1.0050	1.0032	1.0016	0.9999	0.9988	0.9977
	7.5	1.0103	1.0082	1.0061	1.0042	1.0023	1.0007	0.9992	0.9980	0.9968
	8	1.0099	1.0077	1.0054	1.0034	1.0014	0.9999	0.9984	0.9972	0.9960
	8.5	1.0091	1.0070	1.0049	1.0025	1.0001	0.9985	0.9969	0.9956	0.9944
	9	1.0083	1.0063	1.0043	1.0015	0.9987	0.9971	0.9954	0.9941	0.9928
	9.5	1.0075	1.0056	1.0037	1.0005	0.9972	0.9955	0.9939	0.9925	0.9912
	10	1.0066	1.0049	1.0031	0.9994	0.9957	0.9940	0.9923	0.9908	0.9896

【0027】表1から明らかなように、膜厚が厚くなり、かつdutyが大きくなるにつれて、 V_s/V_m の値が小さくなることからわかる。特に、下記の式(1)～(6)を満たす関係、すなわち表1において、太線より右側の条件では、 $V_s/V_m < 1$ となり、実質的にY*

*軸方向における導波モードを満たさなくなることがわかる。

【0028】

【数13】

$$L1(L1+L2) \geq 0.55 \text{ かつ } h/\lambda \geq 0.100 \dots (1)$$

【0029】

※ ※ 【数14】

$$L1(L1+L2) \geq 0.60 \text{ かつ } h/\lambda \geq 0.090 \dots (2)$$

【0030】

★ ★ 【数15】

$$L1(L1+L2) \geq 0.65 \text{ かつ } h/\lambda \geq 0.080 \dots (3)$$

【0031】

☆ ☆ 【数16】

$$L1(L1+L2) \geq 0.70 \text{ かつ } h/\lambda \geq 0.070 \dots (4)$$

【0032】

◆ ◆ 【数17】

$$L1(L1+L2) \geq 0.75 \text{ かつ } h/\lambda \geq 0.065 \dots (5)$$

【0033】

* * 【数18】

$$L1(L1+L2) \geq 0.80 \text{ かつ } h/\lambda \geq 0.055 \dots (6)$$

【0034】以上のように、図15(a)及び(b)に示した弾性表面波共振子あるいは図16に示した共振子型弾性表面波フィルタでは、電極膜厚を厚くしたり、上記dutyを大きくすることにより、電極抵抗損失の低減及び不要スプリアの除去を行うことができ、好ましいと考えられていた。

【0035】しかしながら、弾性表面波のY軸方向のエネルギー閉じ込め効果に着目すると、電極膜厚が0.04λで閉じ込め効果が最大となり、0.04λ以上の電極膜厚ではエネルギー閉じ込め効果が弱くなる。

【0036】また、dutyが大きくなる場合にも同様の現象が現れ、dutyが0.5以上となると、エネル

ギー閉じ込め効果が弱くなる。特に、電極膜厚とdutyとの関係がある条件を満たす領域においては、エネルギー閉じ込め条件を満たさなくなり、フィルタ特性における損失が増大することになる。

【0037】従って、最大限のエネルギー閉じ込め効果を得ようとするには、電極膜厚は0.04λ以下、dutyは0.5以下であることが好ましいと考えられる。しかしながら、電極膜厚を薄く、dutyを0.5より小さくすると、別の原因によりフィルタ特性が悪化することが、上述した特開平7-283682号公報や特開平6-188673号公報の記載から明らかである。

【0038】すなわち、弾性表面波フィルタにおける良

好なフィルタ特性を得るための最適な電極構造と、上記Y軸方向におけるエネルギー閉じ込め効果に着目した場合の最適な電極構造は異なり、両者はトレードオフの関係となっている。

【0039】また、特開昭62-47206号公報によれば、表面波伝搬方向において隣り合う櫛形電極が共有するバスバー電極の厚みを、電極指の厚みより厚くし、特に電極指を伝搬する際の表面波の音速 V_s と、バスバー電極を伝搬する表面波の音速 V_b と等しくすることにより、櫛形電極同士の音響結合度が高められ、広帯域化を図り得るとされている。

【0040】しかしながら、これは、櫛形電極同士の表面波伝搬方向に対して直交する方向に音響結合されるような構成における現象であり、 $V_s = V_b$ とした場合、上記Y軸方向におけるエネルギー閉じ込め効果は逆に低下することになる。

【0041】本発明の目的は、上述した従来技術の欠点を解消し、励振された表面波のエネルギーを効果的に閉じ込めることができ、かつ損失の低減及びフィルタ特性の改善を果し得る弾性表面波装置を提供することにある。

【0042】

【課題を解決するための手段】本願発明は、上記課題を達成するためになされたものであり、第1の発明は、伝搬方向の異方性指数 γ が、 $\gamma < -1$ である弾性表面波が励振される圧電基板と、前記圧電基板上に形成されており、A1を主成分とする複数本の電極指と、第1、第2のバスバー電極とを有する少なくとも1つの櫛形電極とを備え、前記弾性表面波の伝搬方向に対して垂直な方向に表面波のエネルギーが閉じ込められる弾性表面波装置であって、前記弾性表面波の波長を λ としたときに、前*

【0046】

【0047】

【0048】

【0049】

【0050】

【0051】第1～第3の発明のさらに他の特定の局面では、前記第1、第2のバスバー電極の少なくとも一部が複数の電極膜を積層した多層構造を有し、それによってバスバー電極の少なくとも一部が前記電極指の厚みよりも厚くされている。

【0052】本発明のより特定の局面では、多層構造を有する前記バスバー電極において、最下層の電極膜が、前記電極指と連ねられて形成されており、2層目以降の

* 記電極指の膜厚が 0.04λ 以上であり、かつ、前記第1、第2のバスバー電極の少なくとも一部の厚みが、前記電極指の厚みよりも厚くされていることを特徴とする。

【0043】また、第2の発明は、伝搬方向の異方性指数 γ が、 $\gamma < -1$ である弾性表面波が励振される圧電基板と、前記圧電基板上に形成されており、A1を主成分とする複数本の電極指と、第1、第2のバスバー電極とを有する少なくとも1つの櫛形電極とを備え、前記弾性表面波の伝搬方向に対して垂直な方向に表面波のエネルギーが閉じ込められる弾性表面波装置であって、前記櫛形電極の電極指幅を L_1 、表面波伝搬方向において隣り合う電極指間のギャップの長さを L_2 としたときに、 $L_1 / (L_1 + L_2) \geq 0.5$ であり、かつ前記第1、第2のバスバー電極の少なくとも一部の厚みが、前記電極指の厚みよりも厚くされていることを特徴とする。

【0044】第3の発明は、伝搬方向の異方性指数 γ が、 $\gamma < -1$ である弾性表面波が励振される圧電基板と、前記圧電基板上に形成されており、A1を主成分とする複数本の電極指と、第1、第2のバスバー電極とを有する少なくとも1つの櫛形電極とを備え、前記弾性表面波の伝搬方向に対して垂直な方向に表面波のエネルギーが閉じ込められる弾性表面波装置であって、前記電極指の膜厚を h_1 、前記電極指幅を L_1 、表面波伝搬方向において隣り合う電極指間のギャップの長さを L_2 、表面波の波長を λ としたときに、下記の式(1)～(6)のいずれかが満たされており、かつ前記第1、第2のバスバー電極の少なくとも一部の厚みが、前記電極指の厚みよりも厚くされていることを特徴とする。

【0045】

【数19】

$$L_1 / (L_1 + L_2) \geq 0.55 \quad \text{かつ} \quad h_1 / \lambda \geq 0.100 \quad \dots (1)$$

※ ※ 【数20】

$$L_1 / (L_1 + L_2) \geq 0.60 \quad \text{かつ} \quad h_1 / \lambda \geq 0.090 \quad \dots (2)$$

★ ★ 【数21】

$$L_1 / (L_1 + L_2) \geq 0.65 \quad \text{かつ} \quad h_1 / \lambda \geq 0.080 \quad \dots (3)$$

☆ ☆ 【数22】

$$L_1 / (L_1 + L_2) \geq 0.70 \quad \text{かつ} \quad h_1 / \lambda \geq 0.070 \quad \dots (4)$$

◆ ◆ 【数23】

$$L_1 / (L_1 + L_2) \geq 0.75 \quad \text{かつ} \quad h_1 / \lambda \geq 0.065 \quad \dots (5)$$

* * 【数24】

$$L_1 / (L_1 + L_2) \geq 0.80 \quad \text{かつ} \quad h_1 / \lambda \geq 0.055 \quad \dots (6)$$

電極膜が、最下層の電極膜と異なる金属により構成されている。

【0053】本発明に係る弾性表面波装置のさらに限定的な局面では、前記多層構造を有する前記バスバー電極において、該多層構造を構成している最下層の電極膜に比べて、2層目以降の電極膜のうち少なくとも1層が、相対的に高密度の金属により構成されている。

【0054】本発明に係る弾性表面波装置の他の特定の

局面では、前記多層構造を有する前記バスバー電極において、該多層構造を構成している最下層の電極膜に比べて、2層目以降の金属膜のうち少なくとも1層が、比抵抗が小さく、かつ前記最下層の電極膜よりも厚くされている。

【0055】また、本発明に係る弾性表面波装置の他の特定の局面では、前記多層構造を有する前記バスバー電極において、該多層構造を構成している電極膜間に上下の電極膜の導通を確保するようにして絶縁膜が形成されている。

【0056】本発明に係る弾性表面波装置の別の特定の局面では、前記多層構造を有する前記バスバー電極において、最下層の電極膜におけるバスバー電極と電極指との境界部分と、A1からなる2層目の電極膜の電極指側の端縁との間隔をg、該2層目の電極膜の膜厚をM、さらに、g及びMを弾性表面波の波長λの整数倍で表したときに、 $M \geq 0.159g - 0.094$ の範囲に入るように構成されている。

【0057】本発明に係る弾性表面波装置のさらに他の特定の局面では、前記多層構造を有する前記バスバー電極において、最下層の電極膜におけるバスバー電極と電極指との境界部分と、2層目の電極膜の電極指側の端縁との間隔をg、該2層目の電極膜厚をMa、さらに、g及びMaを弾性表面波の波長λの整数倍で表し、2層目をA1とは異なる金属で形成し、2層目の金属の密度をda、A1の密度をd0とした時、2層目の膜厚Maが、 $Ma \times (d0/da) \geq 0.159g - 0.094$ の範囲に入るように構成されている。

【0058】本願の第4の発明は、表面波伝搬方向の異方性指数γが、 $\gamma < -1$ である弾性表面波が励振される圧電基板と、前記圧電基板上に形成されており、複数本の電極指と、第1、第2のバスバー電極とを有する少なくとも1つの櫛形電極とを備え、前記弾性表面波の伝搬方向に対して垂直な方向に表面波のエネルギーが閉じ込められる弾性表面波装置であって、前記弾性表面波の波長をλとしたときに、前記櫛形電極の電極指の膜厚が 0.04λ 以上であり、前記バスバー電極部の厚みが前記電極指の厚みよりも厚くなるように、前記バスバー電極上に形成された絶縁膜をさらに備えることを特徴とする。

【0059】第5の発明は、表面波伝搬方向の異方性指数γが、 $\gamma < -1$ である弾性表面波が励振される圧電基板と、前記圧電基板上に形成されており、複数本の電極指と、第1、第2のバスバー電極とを有する少なくとも1つの櫛形電極とを備え、前記弾性表面波の伝搬方向に対して垂直な方向に表面波のエネルギーが閉じ込められる弾性表面波装置であって、前記電極指の幅をL1、表面波伝搬方向において隣り合う電極指間のギャップ長をL2としたときに、 $L1/(L1+L2) \geq 0.5$ であり、前記バスバー電極部の厚みが前記電極指の厚みより

も厚くなくように、前記バスバー電極上に形成された絶縁膜をさらに備えることを特徴とする。

【0060】第6の発明は、伝搬方向の異方性指数γが、 $\gamma < -1$ である弾性表面波が励振される圧電基板と、前記圧電基板上に形成されており、複数本の電極指と、第1、第2のバスバー電極とを有する少なくとも1つの櫛形電極とを備え、前記弾性表面波の伝搬方向に対して垂直な方向に表面波のエネルギーが閉じ込められる弾性表面波装置であって、前記電極指の膜厚をh1、前記電極指幅をL1、表面波伝搬方向において隣り合う電極指間のギャップの長さをL2、表面波の波長をλとしたときに、前述した式(1)～(6)のいずれかが満たされており、前記バスバー電極上に形成された絶縁膜をさらに備えることを特徴とする。

【0061】第4～第6の発明の特定の局面では、前記電極指上に形成された絶縁膜がさらに備えられており、それによって、該絶縁膜を含む前記バスバー電極部分の厚みが、絶縁膜を含む前記電極指部分の厚みに比べて厚くされている。

【0062】また、上記異方性指数γが、 $\gamma < -1$ である弾性表面波が励振される圧電基板としては、疑似弾性表面波が励振されるLiTaO₃、基板、例えば36° Y-cut X方向伝搬LiTaO₃、基板が用いられる。

【0063】本発明の別の局面では、本発明に係る弾性表面波装置を用いたアンテナ共用器が提供される。また、本発明のさらに別の局面では、上記アンテナ共用器を備えた通信機が提供される。

【0064】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しつつ、本発明の弾性表面波装置の具体的な実施例を説明することにより、本発明を明らかにする。

【0065】(第1の実施例)図3は、本発明の第1の実施例に係る弾性表面波装置を示す略図的平面図である。弾性表面波装置1は、矩形的圧電基板2を用いて構成されている。圧電基板2は36° Y-cut X伝搬LiTaO₃、基板により構成されている。

【0066】上記圧電基板2上に複数の一端子対弾性表面波共振子が梯子型回路構成を有するように形成されている。すなわち、直列腕共振子3、4、並列腕共振子5～7及び電極パッド8～12並びにこれらを接続する配線電極が、フォトリソグラフィ及びエッチング工程により形成されている。

【0067】本実施例の弾性表面波装置1では、電極パッド8が入力端子、電極パッド9が出力端子として用いられる。入力端子と出力端子との間の直列腕に、上記直列腕共振子3、4が直列に接続されている。また、電極パッド10～12はアース電位に接続される。上記直列腕とアース電位との間に並列腕共振子5～7がそれぞれ接続され、ラダー型フィルタが構成される。

【0068】直列腕共振子3、4及び並列腕共振子5～

7は、いずれも一端子対弾性表面波共振子であり、それぞれ、表面波伝搬方向中央に配置された櫛形電極と、櫛形電極の表面波伝搬方向両側に配置されたグレーティング反射器とを有する。

【0069】本実施例では、直列腕共振子3、4の櫛形電極における電極指交差幅は50 μ m、電極指の対数は100対、反射器の電極指の本数は100本である。また、直列腕共振子3、4における電極指間ピッチは2.31 μ mとされており、従って、弾性表面波の波長は4.63 μ mとされている。直列腕共振子3と直列腕共振子4は、上記のように同じ構造を有する。

【0070】並列腕共振子5と並列腕共振子7とは同じ構造を有する。すなわち、櫛形電極における電極指交差幅が55 μ m、電極指の対数が85対であり、各反射器の電極指の本数は100本であり、電極指間ピッチが2.41 μ m、すなわち弾性表面波の波長は4.81 μ mである。

【0071】並列腕共振子6では、櫛形電極の電極指交差幅が110 μ m、電極指の対数は85対、反射器の電極指の本数は100本であり、電極指間ピッチは2.15 μ m、(弾性表面波の波長は4.30 μ m)である。

【0072】なお、図3において、各共振子3～7は、略図的に示されており、実際の電極指の対数や交差幅の比率とは異なっていることを指摘しておく。上記直列腕共振子3、4及び並列腕共振子5～7、電極パッド8～12並びにこれらを電気的に接続している配線電極は、A1により形成されている。また、後述のバスバー電極を除いて、これらの電極の膜厚は420nmとされている。従って、直列腕共振子3、4の弾性表面波の波長が4.63 μ mであるため、直列腕共振子3、4における櫛形電極の電極指の膜厚の対波長比 $[h/\lambda(\%)]$ は、9.1%である。

【0073】また、並列腕共振子5、7における弾性表面波の波長は4.81 μ mであるため、並列腕共振子5、7における櫛形電極の電極指の膜厚の対波長比 $[h/\lambda(\%)]$ は8.7%である。

【0074】さらに、上記直列腕共振子3、4及び並列腕共振子5～7のいずれにおいても、櫛形電極の電極指のdutyは、0.5である。図3では省略されているが、直列腕共振子3、4及び並列腕共振子5～7の櫛形電極のバスバー電極において、420nmのA1からなる電極膜上に840nmの厚みの2層目の電極膜が積層されている。これを、図1を参照して説明する。

【0075】図1は、直列腕共振子3、4及び並列腕共振子5～7として用いられている一端子対弾性表面波共振子の電極構造を模式的に示す平面図である。この一端子対弾性表面波共振子13では、中央に櫛形電極14が配置されており、櫛形電極14の表面波伝搬方向両側にグレーティング反射器15、16が配置されている。櫛形電極14は、複数本の電極指14a、14bを有す

る。複数本の電極指14aと、複数の電極指14bとは、互いに間挿し合うように配置されている。複数本の電極指14aは、一端側でバスバー電極14cに接続されている。また、複数本の電極指14bは、バスバー電極14cとは反対側に配置されたバスバー電極14dに電気的に接続されている。

【0076】また、反射器15、16は、それぞれ、複数本の電極指15a、16aの両端を短絡することにより構成されている。本実施例では、上記直列腕共振子3、4及び並列腕共振子5～7を構成する一端子対弾性表面波共振子13において、バスバー電極14c、14dの少なくとも一部において、斜線のハッチングで示す2層目の電極膜17、18が積層されている。すなわち、バスバー電極14c、14dは多層構造を有する。この第2の電極膜17、18は、A1からなり、厚さが840nmであり、従って、弾性表面波の対波長比に対して、約17%程度の膜厚を有することになる。

【0077】また、2層目の電極膜17、18は、バスバー電極14c、14d上において、バスバー電極14c、14dに接続されている電極指14a、14bとバスバー電極14c、14dとの境界よりも表面波伝搬方向と直交する方向において遠ざけられた位置に設けられている。すなわち、バスバー電極14c、14dと電極指14a、14bとの境界Aよりも、2層目の電極膜17、18の電極指14a、14b側の端縁Bの方が、表面波伝搬方向と直交する方向において外側に配置されている。この境界Aと端縁Bとの間隔gは、4 μ mとされており、すなわちg=0.8～0.9 λ 程度とされている。

【0078】本実施例の弾性表面波装置1では、直列腕共振子3、4及び並列腕共振子5～7が、図1に示した一端子対弾性表面波共振子13により構成されている。本実施例の弾性表面波装置1は、上記のように電極パッド8を入力端子、電極パッド9を出力端子とし、電極パッド10～12をアース電位に接続することにより、ラダー型フィルタとして動作させることができる。直列腕共振子3、4及び並列腕共振子5、7の電極指の膜厚が、対波長比として9.1%及び8.7%程度であり、かつ櫛形電極における上記dutyが0.5程度である。

【0079】従って、櫛形電極14における電極指14a、14bの膜厚と、バスバー電極14c、14dの膜厚が単に同一であれば、Y軸方向のエネルギー閉じ込め効果は小さくなる。

【0080】ところが、本実施例では、バスバー電極14c、14d上に2層目の電極膜17、18が積層されている。従って、バスバー電極14c、14dにおける表面波の音速は140m/秒程度遅くなる。

【0081】その結果、電極指交差領域を伝搬する表面波の音速Vsのバスバー電極を伝搬する表面波の伝搬速

度 V_m に対する比 V_s/V_m が大きくなり、Y軸方向におけるエネルギー閉じ込め効果が大きくされている。

【0082】図2は、上記一端子対弾性表面波共振子13において、2層目の電極膜17、18を形成する代わりに、バスバー電極14c、14dの全体の厚みを変化させた場合のバスバー電極14c、14dを伝搬する表面波の音速の変化を示す図である。なお、上記バスバー電極の厚みを変化させたことを除いては、上記直列腕共振子3と同様にして楕円電極及び反射器を構成した。

【0083】図2から明らかなように、弾性表面波の波長を λ とした場合に、バスバー電極の厚みが0.01 λ 厚くなると、表面波の音速 V_m が8.4m/秒遅くなることがわかる。

【0084】本実施例では、図2の結果からも明らかなように、上述したバスバー電極14c、14dに2層目の電極膜17、18が積層され、バスバー電極14c、14dを伝搬する表面波の音速 V_m が遅くされ、それによって $V_s/V_m > 1$ とされて、Y軸方向のエネルギーの閉じ込めが効果的に行われ、フィルタ特性の損失を低減することが可能とされている。

【0085】図4に、本実施例の弾性表面波装置1のフィルタ特性を実線で示す。また、図4において、比較のために、2層目の電極膜を有しないことを除いては実施例と同様にして構成された弾性表面波装置のフィルタ特性を破線で示す。なお、図4において、下方に示されているフィルタ特性は、挿入損失が縦軸の右側のスケールに基づいて拡大されている特性である。

【0086】図4から明らかなように、実施例の弾性表面波装置では、挿入損失の最小値がほとんど変化していないにもかかわらず、通過帯域のフィルタ特性が大幅に改善されていることがわかる。これは、バスバー電極14c、14dが多層構造を有するため、電極抵抗が小さくなるだけでなく、上記表面波のエネルギーの閉じ込め効果が大幅に良好化していることによると考えられる。

【0087】なお、本実施例では、圧電基板として、36°Ycut X伝搬LiTaO₃、基板を用いたが、その他のcut角、例えば33°~46°Ycut X伝搬LiTaO₃、基板を用いても同様の効果が得られ、さらに他の圧電単結晶基板を用いてもよい。

【0088】また、本実施例では、2層目の電極膜17、18もAlで構成されたが、2層目の電極膜については、1層目の電極膜と異なる金属材料からなるものを用いてもよい。また、Alだけでなく、Al含有合金も電極材料として好適に用いることができる。

【0089】さらに、1層目の電極膜及び2層目の電極膜のいずれについても、AlあるいはAl含有合金以外の金属で構成してもよい。さらに、1層目の電極膜自体が、複数の金属膜を積層してなる多層膜であってもよい。

【0090】本実施例においては、上記バスバー電極1

4c、14dと電極指との境界Aと、2層目の電極膜17、18の電極指14a、14b側の端縁Bとの間隔 g が4 μm 、すなわち0.8 $\lambda \sim 0.9\lambda$ 程度とされている。これは、十分なエネルギー閉じ込め効果を得るには、上記ギャップ長 g にも気を払わねばならないことによる。

【0091】本実施例の弾性表面波装置1では、各直列腕共振子及び並列腕共振子におけるギャップ長 g が変化した場合、フィルタ特性が変化する。本願発明者は、上記ギャップ長 g と、2層目の電極膜17、18の膜厚 M とを変化させた場合、エネルギー閉じ込め効果を変化することを見出した。基本的には、反射器の電極膜厚よりもバスバーにおける電極膜厚が厚くなった場合に閉じ込め効果を得ることができる。しかしながら、上記ギャップ長 g が大きい場合には、十分な閉じ込め効果を得られない場合も生じる。

【0092】そこで、上記ギャップ長 g と、2層目の電極膜17、18の膜厚 M とを変化させ、弾性表面波装置の帯域幅を調べた。結果を図5(a)、(b)及び図6並びに下記の表2に示す。

【0093】図5(a)では、2層目の電極膜17、18の膜厚 M が840nm(0.188 λ)、図5(b)は、膜厚 M が560nm(0.126 λ)、図6は、膜厚 M が280nm(0.063 λ)の場合の結果を示す。図5(a)、(b)及び図6から明らかなように、ギャップ長 g が大きくなると、帯域幅が減少する傾向があり、特に膜厚 M が薄い場合に顕著に現れている。

【0094】図5(a)、(b)及び図6の破線は、それぞれ、2層構造を有しない電極の場合の帯域幅を比較のために示す。図5(a)、(b)及び図6から明らかなように、2層構造の電極を構成した場合、2層目の電極膜17、18の膜厚 M が、840nmの場合には、ギャップ長 $g = 8\mu\text{m}$ 付近で、 M が560nmの場合には、ギャップ長 $g = 6\mu\text{m}$ 付近で、 M が280nmの場合には、ギャップ長 $g = 4.5\mu\text{m}$ 付近で、それぞれ、帯域幅が、2層構造を有しない場合の帯域幅と同等レベルまで低下していることがわかる。

【0095】これらの結果を一次近似で表すと、図7に示す通りとなり、近似式で表すと、 $M \geq 0.159g - 0.094$ である。但し、 M 及び g の単位は、いずれも λ の整数倍として表されているものである。

【0096】従って、 $M \geq 0.159g - 0.094$ を満たすように構成することにより、良好な閉じ込め効果を得ることができ、広帯域化を図り得ることがわかる。なお、2層目の金属膜をAl以外の金属で構成した場合には、2層目の金属の膜厚を M_a 、該金属の密度を d_a 、Alの密度を d_0 として、 $M_a \times (d_0/d_a)$ が0.159 $g - 0.094$ 以上であればよい。

【0097】(第2の実施例)図8は、本発明の第2の実施例で用いられる一端子対弾性表面波共振子を説明す

10

20

30

40

50

るための略図的平面図である。

【0098】第2の実施例では、図8に示す一端子対弾性表面波共振子21が用いられる。この一端子対弾性表面波共振子21が、第1の実施例の直列腕共振子3、4及び並列腕共振子5～7として用いられることを除いては、第2の実施例の弾性表面波装置は、第1の実施例と同様に構成されている。すなわち、第2の実施例の弾性表面波装置もまた、2個の直列腕共振子及び3個の並列腕共振子を有するラダー型フィルタである。

【0099】図8に示すように、弾性表面波共振子21は、圧電基板22上において、表面波伝搬方向に配置された3個の楕形電極23～25を有する。なお、本実施例においても、圧電基板22は、 36°Ycut X 伝搬 LiTaO_3 、基板により構成されている。

【0100】上記楕形電極23～25が設けられている領域の表面波伝搬方向両側には、グレーティング反射器26、27が配置されている。楕形電極23～25における電極指交差幅は $122\mu\text{m}$ である。また、中央に配置された楕形電極24の電極指の対数は18であり、両側に配置された楕形電極23、25の電極指の対数は11である。反射器26、27の電極指の本数は120本である。なお、各楕形電極23～25における電極指間ピッチは $2.1\mu\text{m}$ であり、弾性表面波の波長は $4.2\mu\text{m}$ である。

【0101】また、楕形電極23～25及び反射器26、27は、A1により形成されており、後述の2層目の電極膜の下方に形成される電極膜としての膜厚は 320nm である。すなわち、電極指の膜厚は、弾性表面波の波長に対して7.4%である。また、各楕形電極23～25のdutyは0.72である。

【0102】楕形電極23～25は、それぞれ、複数本の電極指23a、23b、24a、24b、25a、25bと、第1、第2のバスバー電極23c、23d、24c、24d、25c、25dとを有する。本実施例においても、バスバー電極23c、23d、24c、24d、25c、25d上に、2層目の電極膜17、18が積層されている。この2層目の電極膜17、18が積層されている部分を斜線のハッチングを付して示す。

【0103】上記2層目の電極膜17、18が、第1の実施例と同様に、A1からなり、その膜厚は 840nm とされている。また、1層目のバスバー電極と電極指との境界と、2層目の電極膜17、18の電極指側の端縁との間隔のギャップ長gは、 $2\mu\text{m}$ であり、0.5 λ 程度とされている。

【0104】本実施例に従って構成された弾性表面波装置のフィルタ特性を図9に実線で示す。また、比較のために、バスバー部に第2の電極膜を積層しなかったことを除いては同様に構成された弾性表面波装置のフィルタ特性を破線で示す。なお、図9の下方に示す特性は、挿入損失を縦軸の右側のスケールに基づいて拡大した特性

である。

【0105】図9から明らかなように、2層目の電極膜を形成しなかった弾性表面波装置に比べて、本実施例に従って2層目の電極膜を積層することにより、最小挿入損失は変わらないものの、帯域幅におけるフィルタ特性が大幅に改善されていることがわかる。

【0106】すなわち、本実施例では、楕形電極23～25の電極指の膜厚が、弾性表面波の波長に対して7.4%、楕形電極23～25のdutyが0.72とされているので、前述したように、1層目の電極膜のみでは、Y軸方向に表面波のエネルギーは閉じ込められない。もっとも、楕形電極の電極指交差幅が 30λ 程度と大きいので、1層目の電極膜のみでも、図9に破線で示したようなフィルタ特性を得ることができる。

【0107】しかしながら、上記のように、2層目の電極膜17、18を積層することにより、フィルタ特性は飛躍的に高められる。すなわち、前述したように、実質的にY軸方向における導波モードが存在する条件を満たさなくなる条件であっても、すなわち、電極指の膜厚h1、電極指幅L1、表面波伝搬方向において隣り合う電極指間のギャップの長さL2が、前述した式(1)～(6)のいずれかを満たしている場合であっても、バスバー電極の少なくとも一部の厚みが、電極指の厚みより厚くされて $V_s/V_m > 1$ とされれば、低損失のフィルタ特性を得ることができる。

【0108】(第3の実施例)図10は、本発明の第3の実施例の弾性表面波装置の略図的平面図である。第3の実施例の弾性表面波装置31は、第1の実施例の弾性表面波装置1とはほぼ同様に構成されている。従って、同一部分については同一の参照番号を付することにより、第1の実施例の説明を援用することにより省略する。

【0109】本実施例が第1の実施例と異なる点は、図10に示す電極構造を形成した後に、圧電基板2の上面全面に、 SiO_2 膜(図示せず)が、厚み 500nm となるようにスパッタリングにより形成される。しかる後、各直列腕共振子3、4及び並列腕共振子5～7の電極指上、及び電極パッド8～12上を除いて、レジストを被覆する。その状態で、電極指上及び電極パッド上の SiO_2 膜をエッチングにより除去する。これによって、電極パッド8～12上の SiO_2 膜を除去することにより、ボンディングワイヤーと電極パッド8～12との電氣的接続の信頼性が確保される。

【0110】また、電極指上の SiO_2 膜の除去により、電極指交差領域における表面波伝搬速度 V_s が、 SiO_2 膜が積層されているバスバー電極を伝搬する弾性表面波の音速 V_m に比べて速められている。言い換えれば、 V_s/V_m が1より大きくされている。

【0111】すなわち、本実施例では、図11に断面図で示すように、バスバー電極32上の全面に、絶縁膜としての SiO_2 膜33が積層され、それによってバスバ

一電極が多層構造とされている。このように、本発明では、バスバー電極の少なくとも一部の厚みを電極指に比べて厚くするに際しては、金属膜以外の絶縁膜を積層してもよい。その場合であっても、上記のようにバスバー電極を伝搬する表面波の音速 V_m が遅くなるため、第1の実施例と同様の効果が得られる。

【0112】本実施例では、上記絶縁膜として SiO_2 膜33が形成されており、該絶縁膜の厚みは500nmであり、弾性表面波の対波長比で11%程度である。また、 SiO_2 膜の密度は、スパッタリングにより形成されているので、 $2.21g/cm^3$ であり、電極を構成しているA1膜の密度 $2.69g/cm^3$ に比べてわずかに小さいが、前述したギャップ長 g が 0.1λ 程度と小さいので、第1の実施例と同様にY軸方向の表面波のエネルギー閉じ込め効果は第1の実施例と同等である。

【0113】上記のようにして構成された第3の実施例の弾性表面波装置のフィルタ特性を図12に実線で示す。なお、比較のために、 SiO_2 膜を形成しなかったことを除いては同様に構成された弾性表面波装置のフィルタ特性を破線で示す。なお、図12における下方のフィルタ特性は、縦軸の挿入損失を縦軸の右側に示した拡大スケールに沿って表した特性を示す。

【0114】図12から明らかなように、第3の実施例の弾性表面波装置においても、 SiO_2 膜の形成によりエネルギー閉じ込め効果が高められているため、良好なフィルタ特性の得られることがわかる。

【0115】なお、第3の実施例では、電極指上の絶縁膜を除去し、バスバー電極上のみ絶縁膜としての SiO_2 膜を形成したが、電極指上にも絶縁膜を形成し、但し電極指上の絶縁膜の厚みをバスバー電極上の絶縁膜の厚みよりも薄くしてもよい。その場合であっても、絶縁膜の厚みの差により、バスバー電極を伝搬する表面波の音速 V_m を、電極指を伝搬する弾性表面波の伝搬速度 V_s よりも遅くすることができ、上記第3の実施例と同様にフィルタ特性を改善することができる。

【0116】また、絶縁膜としては、 SiO_2 膜以外の適宜の絶縁性材料からなる膜を用い得る。成膜方法も、蒸着法、CVD法等が可能である。さらに、2層目の電極膜17、18が形成されていないことを除いては、圧電基板上に第2の実施例と同様の電極構造が形成されている圧電基板上に、第3の実施例に従って絶縁膜をバスバー電極上に形成してもよい。この場合にも、第3の実施例と同様に、絶縁膜の形成により V_m を遅くし、表面波のエネルギーを閉じ込めることができる。

【0117】第1～第3の実施例では、梯子型回路構成を有する弾性表面波装置について説明したが、本発明は、上記のように一端子対弾性表面波共振子におけるY軸方向の表面波エネルギー閉じ込め効果を高め、それによって、例えばフィルタを構成した場合のフィルタ特性の改善等を図り得るものであるため、梯子型回路構成を有す

る弾性表面波フィルタだけでなく、様々な弾性表面波フィルタや弾性表面波共振子にも適用することができる。

【0118】次に、本発明に係る弾性表面波フィルタを用いて構成されたアンテナ共用器の実施例を、図13を参照して説明する。図13は、本実施例のアンテナ共用器を説明するための回路図である。本実施例のアンテナ共用器70は、図3に示したラダー型弾性表面波フィルタと段数は異なるが同様のラダー型フィルタ61を一對用いている。すなわち、各ラダー型フィルタ61の入力端子62、62が共通接続されて、第1のポート71が構成されている。他方、各ラダー型フィルタ61、61の出力端子63、63はそのまま用いられ、それぞれ、本実施例のアンテナ共用器の第2、第3のポートを構成している。

【0119】このように、一對のラダー型フィルタ61、61を用いることにより、アンテナ共用器を構成することができる。また、上記アンテナ共用器を用いて、通信機を構成することができ、このような通信機の一例を図14に示す。

【0120】本実施例の通信機81では、アンテナ共用器70と、送信もしくは受信回路82、83とが備えられている。アンテナ共用器70の第1のポート71がアンテナ84に接続されており、第2、第3のポートを構成している出力端子63、63が、それぞれ、送信もしくは受信回路82、83に接続されている。

【0121】このアンテナ共用器70においては、一對のラダー型フィルタ61、61は、通過帯域が異なるように構成されており、それによってアンテナ84は、送信アンテナ及び受信アンテナとして用いられ得る。

【0122】

【発明の効果】第1の発明に係る弾性表面波装置では、櫛形電極の電極指の膜厚が 0.04λ 以上であり、Y軸方向のエネルギー閉じ込め効果が弱まる条件であっても、第1、第2のバスバー電極の少なくとも一部の厚みが、電極指の厚みよりも厚くされて、バスバー電極を伝搬する表面波の音速 V_m が、電極指を伝搬する表面波の音速 V_s に比べて遅くされているので、エネルギー閉じ込め効果が高められる。従って、例えば梯子型回路構成を有する弾性表面波フィルタなどに用いた場合、低損失のフィルタ特性を得ることができる。

【0123】第2の発明に係る弾性表面波装置では、 $L_1/(L_1+L_2)$ 、すなわち $duty$ が0.5以上であり、Y軸方向のエネルギー閉じ込め効果が弱まる条件であっても、第1の発明と同様に第1、第2のバスバー電極の少なくとも一部の厚みが、電極指の厚みよりも厚くされており、それによってバスバー電極を伝搬する表面波の音速 V_m が電極指を伝搬する表面波の音速 V_s に対して遅くされている。従って、エネルギー閉じ込め効果が高められ、例えばフィルタに適用した場合、低損失のフィルタ特性を得ることができる。

【0124】また、第3の発明では、前述した式(1)～(6)のいずれかが満たされており、実質的には、Y軸方向における導波モードが存在する条件を満たしていない。しかしながら、この場合であっても、本発明に従って第1、第2のバスバー電極の少なくとも一部の厚みが電極指の厚みよりも厚くされているので、バスバー電極を伝搬する表面波の音速 V_m が、電極指を伝搬する表面波の音速 V_s よりも遅くされる。従って、 $V_s/V_m > 1$ となり、Y軸方向におけるエネルギーの閉じ込めを果たすことができ、例えばフィルタに利用した場合、低損失のフィルタ特性を得ることができる。

【0125】本発明において、バスバー電極の少なくとも一部を電極指の膜厚よりも厚くするには、様々な方法を採用することができるが、バスバー電極の少なくとも一部が複数の膜を積層した多層構造を有するように構成することにより容易に実現することができる。

【0126】バスバー電極の少なくとも一部が、多層構造を有する場合、この多層構造としては、電極膜上に1以上の電極膜を積層した多層構造だけでなく、電極膜上に絶縁膜を積層した多層構造であってもよい。この場合、複数の電極膜を積層して上記多層構造を実現する場合、最下層の電極膜が電極指と連ねられて形成されており、2層目以上の電極膜が最下層の電極膜と異なる金属により構成されている場合には、最下層の電極膜を電極指と同一工程で形成することができ、かつ2層目以上の電極膜が最下層の電極膜と異なる金属により構成されているので、該金属の種類を選択することにより、より大きなエネルギー閉じ込め効果を得ることができる。

【0127】とくに、最下層の電極膜に比べて、2層目以降の電極膜のうち少なくとも1層が、相対的に高密度の金属により構成されている場合には、大きな質量付加効果が得られ、バスバー電極を伝搬する表面波の音速をより遅くすることができる。例えば、1層目の電極をAlまたはAl含有合金で構成した場合、2層目以降の電極膜の少なくとも1層を、例えばAu、Ag、W、Ti、Niなどの密度の相対的に大きな金属で構成することにより、より大きな閉じ込め効果を得ることができる。

【0128】さらに、最下層の電極膜に比べて、比抵抗が小さく、かつ最下層の電極膜より厚みの厚い電極膜を2層目以降の電極膜の少なくとも1層に用いた場合においても、同様にバスバー電極を伝搬する表面波の音速をより効果的に遅くすることができ、表面波エネルギーの閉じ込め効果を高めることができる。例えば、最下層の電極膜をAlで構成し、2層目以降の電極膜の少なくとも1層を、Au、Ag、Cuなどにより構成することにより、上記のようにしてエネルギー閉じ込め効果を高めることができる。

【0129】多層構造を有するバスバー電極において、多層構造を構成している金属膜上に、上下の金属膜の導

通を確保するようにして絶縁膜が形成されていてもよく、この場合には、絶縁膜の質量付加作用によっても、バスバー電極を伝搬する表面波の音速を遅くすることができ、良好なエネルギー閉じ込め効果を得ることができる。

【0130】第1～第3の発明において、 $M \geq 0.159g - 0.094$ の範囲とした場合には、あるいは $Ma(d_0/da) \geq 0.159g - 0.094$ の範囲としたときには、表面波の閉じ込め効果を高めることができ、かつ広帯域化を図ることができる。

【0131】第4の発明に係る弾性表面波装置では、電極指の膜厚が 0.04λ 以上であり、Y軸方向の表面波のエネルギー閉じ込めが十分に行われない条件であるが、バスバー電極上に絶縁膜が形成されているので、該絶縁膜の質量付加作用により、バスバー電極を伝搬する表面波の伝搬速度 V_m が遅くなり、やはり十分な表面波エネルギー閉じ込め効果を得ることができる。従って、例えば表面波フィルタに適用した場合、低損失のフィルタ特性を得ることができる。

【0132】同様に、第5の発明に係る弾性表面波装置においても、上記dutyが0.5以上であり、Y軸方向における表面波の閉じ込めが十分に行われない条件であっても、バスバー電極上に絶縁膜が形成されているので、バスバー電極を伝搬する表面波の音速が遅くされ、 $V_s/V_m > 1$ となる。従って、第4の発明と同様に、Y軸方向における表面波のエネルギー閉じ込めを果たすことができ、例えばフィルタに応用した場合、低損失のフィルタ特性を得ることができる。

【0133】第6の発明に係る弾性表面波装置においても、前述した式(1)～(6)のいずれかが満たされており、実質的に、Y軸方向における導波モードが存在する条件を満たしていないが、この場合においても、本発明に従って、バスバー電極上に絶縁膜が形成されているので、バスバー電極を伝搬する表面波の音速が遅くされ、 $V_s/V_m > 1$ となる。従って、第4、第5の発明と同様に、Y軸方向における表面波のエネルギー閉じ込めを果たすことができ、例えばフィルタに応用した場合、低損失のフィルタ特性を得ることができる。

【0134】第4～第6の発明に係る弾性表面波装置において、電極指及びバスバー電極上に絶縁膜が形成されており、バスバー電極上に形成された絶縁膜の厚みが電極指上に形成された絶縁膜の厚みに比べて厚くされている場合には、バスバー電極を伝搬する表面波の音速 V_m が遅くなり、 $V_s/V_m > 1$ となり、Y軸方向において表面波を効果的に閉じ込めることができる。よって、例えばフィルタ装置に応用した場合、低損失の良好なフィルタ特性を得ることができる。

【0135】本発明に係る弾性表面波装置を用いて構成されたアンテナ共用器では、弾性表面波損失が低損失であるため、アンテナ共用器における損失を低減すること

10

20

30

40

50

ができる。

【0136】また、本発明に係るアンテナ共用器を備えた通信機では、上記のように低損失のアンテナ共用器を有するため、通信機全体の損失を低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例において用いられる一端子対弾性表面波共振子の電極構造を説明するための略図的平面図。

【図2】バスバー電極の膜厚と、バスバー部を伝搬する表面波の V_m との関係を示す図。

【図3】本発明の第1の実施例に係る弾性表面波装置の略図的平面図。

【図4】第1の実施例及び比較のために用意した各弾性表面波装置のフィルタ特性を示す図。

【図5】(a)、(b)は、それぞれ、 $M=840\text{nm}$ 及び 560nm の場合のギャップ長 g と帯域幅との関係を示す図。

【図6】 $M=280\text{nm}$ の場合のギャップ長 g と帯域幅との関係を示す図。

【図7】エネルギー閉じ込め効果のあるギャップ長 g と膜厚 M との関係を示す図。

【図8】第2の実施例で用いられる弾性表面波共振子を説明するための平面図。

【図9】第2の実施例の弾性表面波装置及び比較のために用いた弾性表面波装置のフィルタ特性を示す図。

【図10】第3の実施例の弾性表面波装置を説明するための略図的平面図。

【図11】第3の実施例におけるバスバー電極と、その上に形成される絶縁膜を説明するための断面図。

【図12】第3の実施例及び比較のために用意した各弾性表面波装置のフィルタ特性を示す図。

【図13】本発明に係る弾性表面波装置を用いて構成される共用器を説明するための回路図。

*

*【図14】本発明に係る共用器を用いた通信システムの概略ブロック図。

【図15】(a)及び(b)は、従来の一端子対弾性表面波共振子を説明するための略図的平面図。

【図16】従来の共振子型弾性表面波フィルタを示す平面図。

【図17】従来の弾性表面波装置の要部の断面図。

【図18】ラダー型回路を示す図。

【図19】従来の弾性表面波装置における電極の膜厚の V_s/V_m との関係を示す図。

【図20】従来の弾性表面波装置における電極の $duty$ と V_s/V_m との関係を示す図。

【符号の説明】

1…弾性表面波装置

2…圧電基板

3, 4…直列腕共振子

5~7…並列腕共振子

8~12…電極パッド

13…弾性表面波共振子

14…楕円電極

14a, 14b…電極指

14c, 14d…バスバー電極

15, 16…反射器

17, 18…電極膜

21…弾性表面波共振子

22…圧電基板

23~25…楕円電極

23a, 23b~25a, 25b…電極指

23c, 23d~25c, 25d…バスバー電極

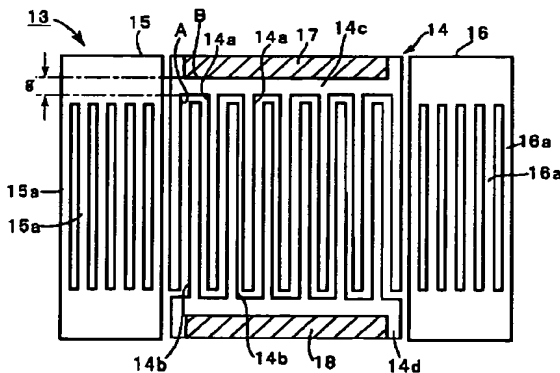
26, 27…反射器

31…弾性表面波装置

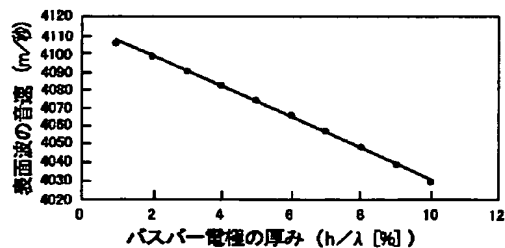
32…バスバー電極

33…SiO₂膜

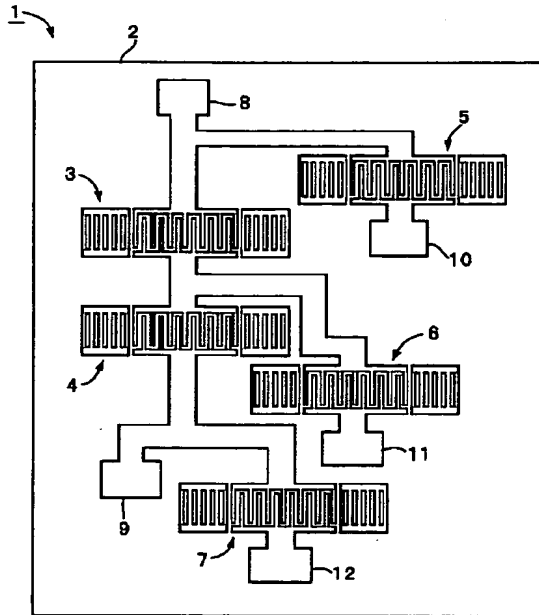
【図1】



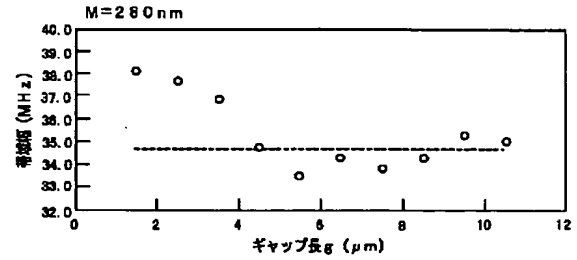
【図2】



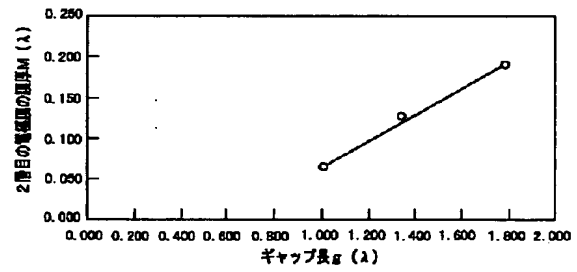
【図3】



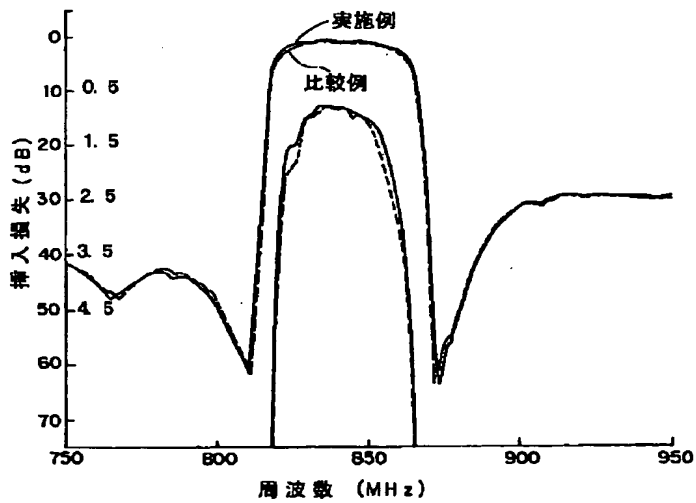
【図6】



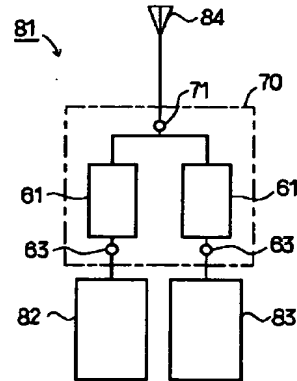
【図7】



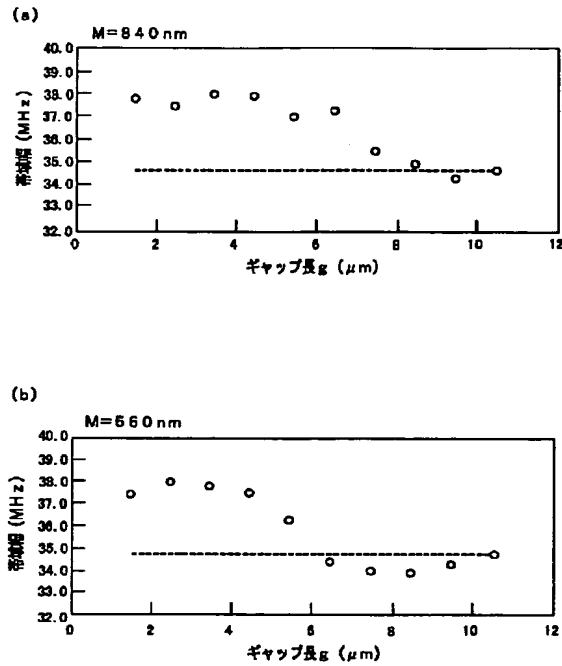
【図4】



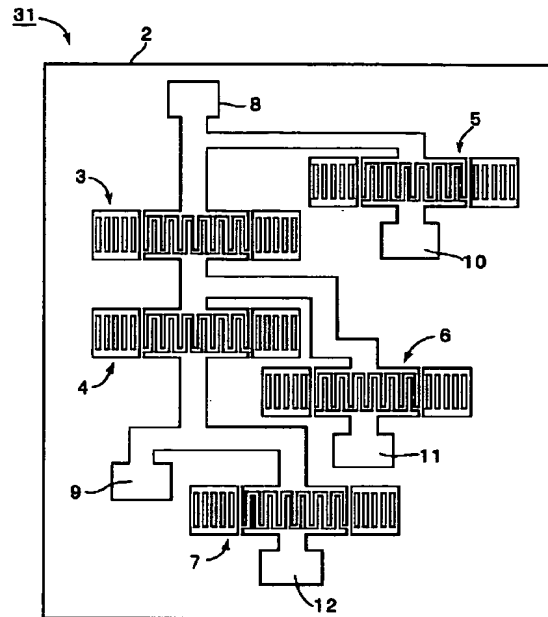
【図14】



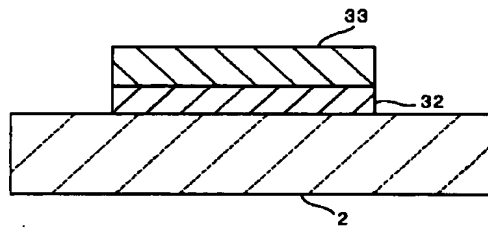
【図5】



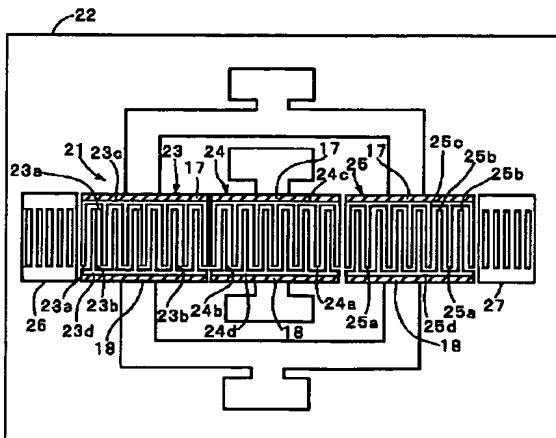
【図10】



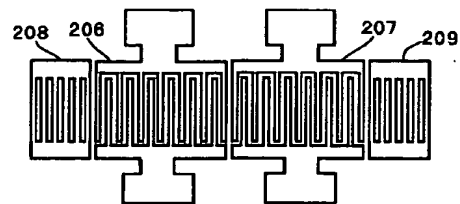
【図11】



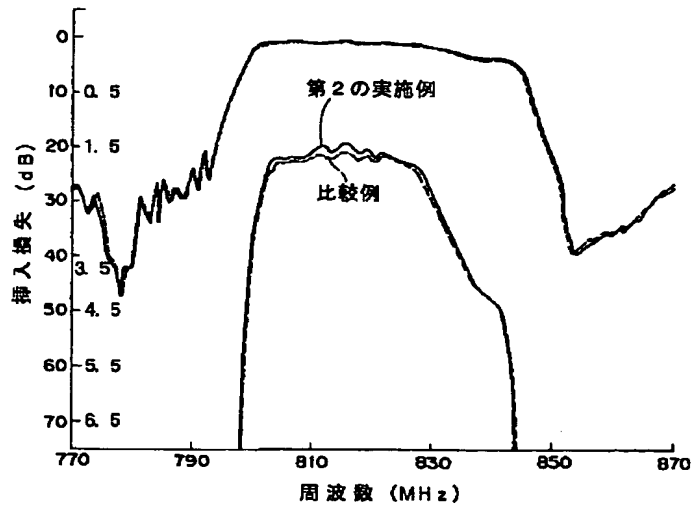
【図8】



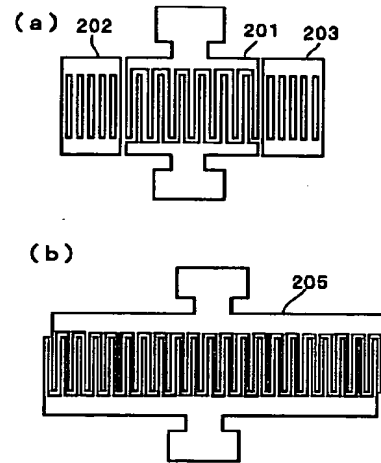
【図16】



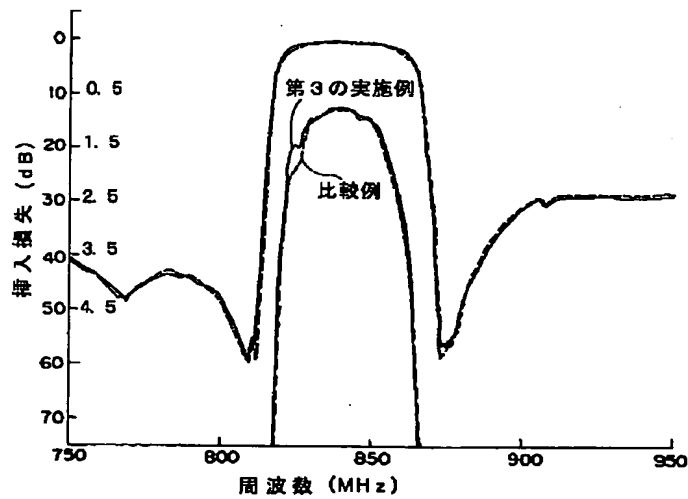
【図9】



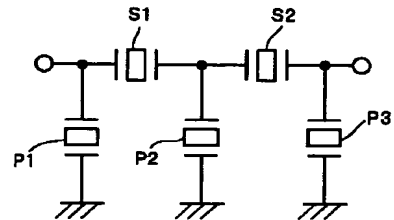
【図15】



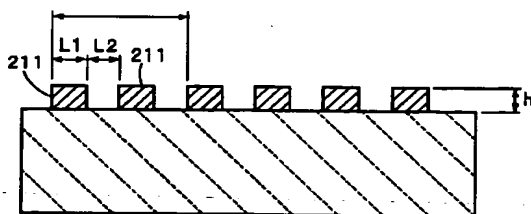
【図12】



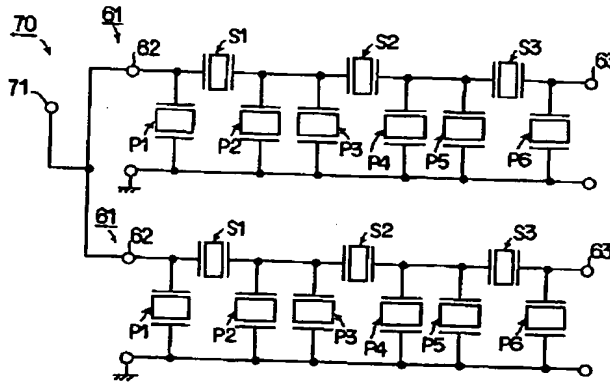
【図18】



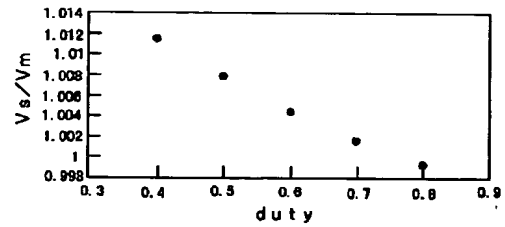
【図17】



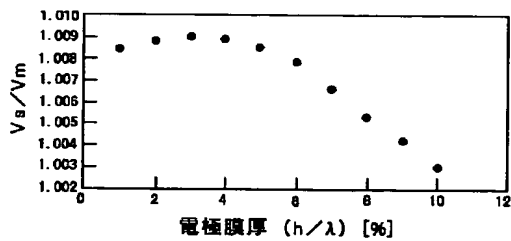
【図13】



【図20】



【図19】



フロントページの続き

(72)発明者 長井 達朗
京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式
会社村田製作所内

(72)発明者 大和 秀司
京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式
会社村田製作所内

Fターム(参考) 5J097 AA01 AA23 BB15 BB17 CC02
DD04 DD22 DD28 DD29 FF03
GG03 GG05 HA02 KK04